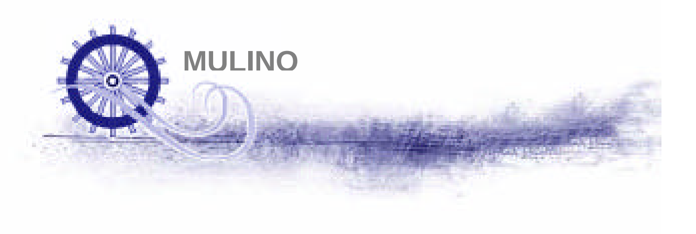
MULTI-SECTORAL, **IN**TEGRATED AND **O**PERATIONAL DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SUSTAINABLE USE OF WATER RESOURCES AT THE CATCHMENT SCALE



Contract no. **EVK1 – 2000 - 00082**
Project Coordinator – Prof. Carlo Giupponi





Résumé Exécutif

25 - 10 - 03

prepared by

Carlo Giupponi & Valerie Cogan
Fondazione Eni Enrico Mattei
Castello 5252 – 30122 Venice (Italy)

french version by
Isabelle La Jeneusse
Université Catholique de Louvain

Système d'Aide à la Décision pour une Gestion Intégrée des Ressources en Eau des Bassins Versants Européens

Le projet MULINO s'est développé dans le contexte de la politique européenne de l'eau consécutivement à la mise en place de la Directive Cadre (2000/60/CE). Ce projet avait trois ***objectifs*** :

1. Désigner et appliquer un système d'aide à la décision (SAD) opérationnel pour la gestion des ressources en eau basé sur (i) des modèles hydrologiques, (ii) des indicateurs multi-disciplinaires, (iii) et une procédure d'évaluation multi-critères ;

2. Tester le SAD sur des sites d'étude concrets en collaboration avec des équipes locales de gestion de l'eau ;

3. Démontrer le potentiel de l'outil dans le support d'une gestion durable des ressources en eau.

Le projet s'est étendu de janvier 2001 à décembre 2003. Un des premiers défis du projet consistait à établir une méthodologie générale qui comprenait le SAD (*l'outil*) et qui se devait d'être pertinente pour chacun des 6 sites d'études choisis, ni sans compromettre les exigences de l'étude intégrée et ni sans s'éloigner des cadres des politiques nationale et européenne de l'eau. La collaboration avec le 'monde réel' de la prise de décision, essentiellement représentée par les gestionnaires institutionnels, s'est révélée comme une tâche d'un effort considérable, notamment dans la coordination des interactions entre les processus de décision en cours et le planning du projet de recherche.

La ***production*** *in fine* du projet consiste en un outil composé d'un logiciel tout à fait fonctionnel et d'une méthodologie générale d'approche intégrée des problématiques de prises de décision dans la gestion de l'eau qui s'intègre dans le logiciel. Effectivement, le logiciel comprend des modèles, des méthodes d'analyses multicritères et la grille européenne de formalisation des problèmes environnementaux intitulée DPSIR (***D****riving* ***F****orces,* ***P****ressures,* ***S****tate,* ***I****mpact,* ***R****esponses* pour forces directrices, pressions, état, impact et réponses), le tout dans des formats de données couramment usités et donc garants de l'opérabilité universelle de l'outil. Le SAD ne nécessite pas d'un développement ultérieur du logiciel pour permettre une amélioration de son potentiel d'utilisation par les autorités locales de l'eau. Le développement de liens avec des Systèmes d'Information Géographique, des modèles hydrologiques et/ou des méta-modèles ont été préconisés. Ainsi, la dernière version du SAD (mDSS3) est entièrement couplée avec le modèle hydrologique CRASH. Le logiciel pourrait en fait être couplé à n'importe quel modèle hydrologique pourvu qu'il respecte la procédure d'entrée et de sortie des données.

Trois versions du SAD ont en fait été mises au point lors du projet MULINO : (1) mSAD1, (2) mSAD2 et (3) mSAD3. mSAD1 a été présentée aux gestionnaires de l'eau partenaires du projet (*end-users*) dès la fin de la première année du projet. L'implication des *end-users* dès le début du projet semble avoir été une stratégie très efficace pour le succès du projet, ce en particulier parce que nous avons pu adapter progressivement le logiciel à leurs besoins. La réponse aux attentes des *end-users* a par contre demandé des modifications très significatives du premier prototype. Par exemple, (a.) l'introduction dans le logiciel de la prise en compte d'un groupe d'acteurs dans le processus de prise de décision pour l'amélioration de l'attribution des poids aux critères de décision, et (b.) l'analyse de sensibilité des résultats finaux du logiciel.

L'intégration des ***composants*** les plus importants de la méthodologie mise au point par MULINO a nécessité une étude multidisciplinaire des membres du projet. La grille européenne de formalisation des problèmes environnementaux (DPSIR) et ici relatifs à la ressource en eau, est utilisée pour structurer le dialogue dans la prise de décision concernant les problèmes environnementaux. Elle permet donc d'établir une vue dynamique et systémique du contexte de décision. Les indicateurs à utiliser dans le processus de décision peuvent être regroupés dans les cinq catégories de cette grille (D-P-S-I-R). Dans cette structuration de l'information, les modèles hydrologiques sont utilisés pour explorer et visualiser les interactions entre les pressions exercées sur la ressource (P) et l'état de la ressource (E). Quatre modèles différents ont été utilisés pour les six sites d'études : SWAT, CRASH, VIDRA & SFARMOD, ce dernier étant en fait plus un modèle d'utilisation du sol. L'utilisation du mSAD a été conçu comme une partie du processus qui inclus l'implication des acteurs dans le processus de décision par la réponse à un questionnaire réalisé dans le but d'organiser la collecte des données nécessaires pour l'analyse des réseaux locaux (*local network analysis*). Cette information

comprend les opinions sur le contexte de décision en général, leurs préférences pour les alternatives d'aménagement (*Responses*, -R-), des suggestions pour les critères de décisions ainsi que leur hiérarchisation tout comme le rôle des multiples acteurs. Le cœur même de l'outil d'aide à la décision est l'analyse multicritères. Différentes méthodes de la 'théorie de la décision' ont été retenues et déterminent en fait les composantes essentielles du logiciel.

L'application du mSAD requiert trois phases d'analyse. Dans la phase conceptuelle *("Conceptual Phase")*, l'utilisateur du logiciel identifie les liens de causes à effet entre les activités humaines (les forces Directrices, -D-, *Driving Forces*), les pressions qu'exercent ces activités sur la ressource en eau (Pression, -P-, *Pressures*) et l'état de cette ressource (Etat, -S-, *State*). Cette phase produit une description formalisée des activités et des problématiques environnementales qu'elles engendrent à l'échelle du bassin versant et qui sont pertinentes pour les gestionnaires locaux. Cette phase permet également de mettre clairement en évidence les liens qui existent entre les différents éléments de la chaîne '*DPS*'. C'est dans cette première phase que les modèles mathématiques (hydrologiques ou d'utilisation du sol) et les analyses des réseaux locaux peuvent être utilisés pour comprendre le problème sous différents angles d'approche.

L'identification d'alternatives d'aménagement, encore appelées options, pour résoudre le problème de ressource en eau suit une phase de mise en forme ("*Design Phase*"). Dans le logiciel, l'utilisateur crée une matrice à *n lignes* représentant *n indicateurs de décision ou critères*, et *m colonnes pour m options*. C'est la matrice d'analyse (MA, *AM* : "*Analysis Matrix*"). Les cellules de la MA sont remplies avec les valeurs issues des indicateurs qui peuvent être produites par les modèles ou des jugements d'experts. La méthode de comparaison deux à deux (*Pair Comparison*) est retenue pour la prise en compte des jugements d'experts lorsque des données quantitatives ne sont pas disponibles ou lorsque des choix subjectifs ont été réalisés, notamment lors de l'attribution des poids aux différents critères par l'utilisateur. Les fonctions de valeur (*Value Function*) ou les procédures de normalisation (*Normalisation*) permettent à l'utilisateur de créer une matrice d'évaluation (ME, EM : "E*valuation Matrix*") qui est utilisée pour comparer l'impact des différentes options. Une procédure de hiérarchisation des poids a été mise au point pour faciliter la désignation des préférences du décideur et pour supporter les échanges avec les membres de sa cellule technique.

Dans la dernière phase, la phase de décision (*Decision Phase*), l'utilisateur élabore une présentation synthétique des critères de décision par l'utilisation d'une ou des trois méthodes de décision proposées par le logiciel : (1) la méthode de simple addition des poids (*Simple Additive Weighting : SAW*), (2) les moyennes ordonnées de poids (*Ordered Weighted Averages : OWA*) et (3) une méthode pour ordonner les préférences par similitudes avec une solution idéale (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution : TOPSIS*). L'application d'une de ces méthodes pour résoudre le problème de décision va refléter les préférences de l'utilisateur en référence avec les options pour atteindre une réponse (R). Ces différentes procédures encouragent l'utilisateur à augmenter sa vigilance sur les effets de jugements subjectifs lors de la sélection d'un critère plutôt que d'un autre par l'attribution des poids et par la fonction de valeur. Les deux analyses de sensibilité disponibles dans le logiciel sont (1) la détermination du critère le plus critique de la matrice (*most critical criterion matrix*) qui souligne le critère qui peut, par changement de son poids, faire changer la hiérarchisation des options et (2) le diagramme de tornado ("*tornado diagram*") qui illustre par un schéma les effets des poids accordés aux critères.

Pour tester le logiciel lors de son développement, les *end-users* ayant participé au projet ont travaillé avec les partenaires locaux du projet pour appliquer la méthodologie de MULINO et la mSAD à un problème de décision réel à résoudre. Six ***cas d'étude*** ont été explorés lors de l'approche MULINO : en Angleterre, en Belgique, en Italie, au Portugal et en Roumanie. Le site d'étude européen a été ajouté afin de tester MULINO à l'échelle de plusieurs bassins versants et de taille beaucoup plus importante. Les bassins versants retenus diffèrent par leur taille, leur topographie, leur climat, leur contexte socio-économique et leur culture. La même méthodologie a cependant été utilisée pour les six sites d'étude en commençant par une définition du contexte local et national de décision concernant la gestion de la ressource en eau. Les points suivants donnent une description synthétique de la problématique de gestion de la ressource en eau rencontrée dans chacun des six sites d'études du projet MULINO.

En ROUMANIE, MULINO a été utilisé pour évaluer l'impact de quatre systèmes agricoles différents sur la ressource en eau du bassin versant de la rivière Bahlui. L'objectif était d'optimiser les paramètres environnementaux et socio-économiques comme le transport de sédiments, les flux de nitrates et le bénéfice des agriculteurs. Le Comité de Rivière *Prut* est responsable de la gestion de l'eau dans cette zone et le contexte de décision était défini par l'évolution de la politique agricole dans le processus d'entrée de la Roumanie dans l'Union Européenne ;

Au PORTUGAL, MULINO a été appliqué à l'estimation de l'impact de différentes stratégies d'aménagement d'un barrage dans le bassin versant de la rivière Caia, en *Alentejo*, bassin versant frontalier avec l'Espagne. Les options étaient liées aux problèmes corrélés d'irrégularité des précipitations et de manque d'eau qui affectent les usages agricoles et qui rentrent en compétition avec les autres usages, notamment par la provocation d'une dégradation importante de la qualité de l'eau du barrage suite à la diminution drastique de la quantité d'eau qu'il contient ;

En ANGLETERRE, MULINO a testé une série d'options visant un développement durable de la distribution des ressources en eau en *East Anglia* face à la nécessité de préserver le patrimoine écologique et ce avec la participation de plusieurs groupes d'acteurs locaux. L'étude a été conduite en collaboration avec l'Agence de l'Environnement (*EA : Environment Agency*), autorité compétente pour l'aménagement des districts hydrographiques de la Directive Cadre sur l'Eau ;

En BELGIQUE, MULINO a été appliqué aux décisions prises pour lutter contre les inondations dans les fonds de vallées de la Néthen, sous bassin versant de la Dyle, et qui résidaient principalement dans le choix de la localisation et des caractéristiques techniques de bassins d'orage (bassins de rétention d'eau). Une analyse intégrée des problèmes d'aménagements a été développée en collaboration avec la cellule de coordination du Contrat de Rivière Dyle dans le respect de l'article 4 de la DCE qui porte sur une gestion participative locale dans l'élaboration des plans de gestion des bassins hydrographiques.

En ITALIE, MULINO a été testé sur deux cas d'étude différents dans la Province de la lagune de Venise. Dans le bassin versant de Vela, deux options ont été testées, toutes deux relatives à la diminution les flux de nitrates issus des ruissellements agricoles. Dans le premier cas, des options générales d'aménagement ont été évaluées. Toujours dans ce premier cas mais dans une zone qui est couramment sujette à des pompages d'eau en dehors de la zone, les options concernaient des aménagements hydrauliques d'un degré d'artificialisation croissant. Dans le second cas, la *Cavallino Peninsula,* les options d'aménagement concernaient les problématiques d'irrigation consécutivement à une nouvelle législation qui n'autorise plus les agriculteurs à pomper librement dans la nappe souterraine. Chacun de ces cas a été développé en collaboration avec les équipes locales de gestion de l'eau et d'aménagement territorial ;

A l'échelle de l'Europe, l'application de la deuxième version du mSAD (mSAD2) a consisté en la création de liens entre *le CIS (the Catchment-based Information System,* le système d'Information des Bassins versants) développé par le Centre Européen de Recherche Scientifique (*JRC, Joint Research Center*) situé à *Ispra* en Italie, et l'évaluation de divers scénarios pour la politique agricole et l'application de la Directive Nitrate.

La 'méthodologie MULINO' est applicable à diverses échelles et offre aux administrations de gestion de l'eau un outil didactique puissant avec une implication particulière pour la ***nouvelle législation sur l'eau au travers de la DCE***. C'est pourquoi l'application du mSAD introduit une approche au processus de décision qui peut, à première vue, paraître déroutante pour certains aménageurs. La première implémentation du logiciel demande donc un effort et une attention tout particulier pour apprendre à utiliser le logiciel et surtout organiser en conséquence l'information utile. Les applications mener à bien au cours du projet ont montré que ceci pouvait faciliter comme complexifier la communication avec les différentes parties intéressées. Actuellement, la méthodologie est toujours en cours d'expérimentation avec de nouveaux sites d'étude par apport au *pool* de départ. Ainsi, une documentation assez complète accompagne le logiciel. Son contenu a pour objet d'aider l'utilisateur avec : (i) des rubriques d'aides multi-langues, (ii) un manuel d'utilisation, (iii) un tutorial sur transparents et (iv) un livret de documentation sur les fondements scientifiques des composantes du logiciel ;

Le projet MULINO a développé un prototype ‘souple’ de système d’aide à la décision pour s’attaquer aux problèmes multi-sectoriels de la gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau à l’échelle du bassin versant en Europe. Ce résultat est celui d’un travail itératif impliquant des Universités, des Centres de Recherche et des Administrations de gestion de la ressource en eau dans quatre pays de l’Union Européenne et un en cours d’adhésion. Par la combinaison d’une définition transparente du contexte de décision, de modélisation hydrologique, d’analyses multicritères et d’analyses de sensibilité, l’outil se présente comme utile également : (i) pour la participation des acteurs locaux, (ii) pour l’information générale du publique ainsi que (iii) pour une participation au processus de décision. La méthodologie multi-sectorielle, trans-disciplinaire et appliquée des activités de recherche du projet MULINO contribue à véhiculer une compréhension commune et un dialogue clair sur la gestion durable des ressources en eau qui peut tout à fait être considéré comme une réponse aux exigences de la DCE.

Le site Internet du projet MULINO ainsi que le CD-Rom qui contient le logiciel et le matériel d’aide seront disponibles gratuitement sur simple demande. Pour contacter les participants du projet et/ou télécharger les prototypes, vous êtes invités à visiter le site du projet à l’adresse suivante : ***http://linux.feem.it/web/loc/mulino/index.html***